

Dejan S. Vujić,
dipl. inž.
profesor
dr Miroslav L. Dukić,
dipl. inž.
Elektrotehnički fakultet,
Beograd

ULOGA SAVREMENIH KOMERCIJALNIH TELEKOMUNIKACIONIH SISTEMA U PROCESU PLANIRANJA, ORGANIZACIJE I IZVOĐENJA VOJNIH OPERACIJA

UDC: 623.611 : 355.42/.43

Rezime:

Ubrzani razvoj komercijalnih telekomunikacionih sistema stvorio je mogućnost da se deo vojnih telekomunikacionih potreba, posebno u mirnodopskim uslovima, može u potpunosti zadovoljiti upotrebom komercijalne tehnologije. Izviđački sistem, zasnovan na specifičnoj vojnoj tehnologiji koja eksploatiše komercijalne resurse, poput pasivnih radarskih sistema i akustičkih senzora dostupnih na komercijalnom tržištu, može predstavljati primer jednostavnog i vrlo efikasnog sistema. Potrebna komunikacija sa pretpostavljenom komandom, kao i akcije koje se sprovode na osnovu dobijenih rezultata, mogu biti podržane komercijalnim sistemima zasnovanim na savremenim tehnološkim rešenjima, poput adaptivnih modulacionih postupaka i prenosa signala u proširenom spektru sa direktnom sekvencom i/ili frekvencijskim skakanjem i višestrukim pristupom na bazi kodnog multipleksa. Ovako organizovani sistemi u potpunosti zadovoljavaju mirnodopske potrebe Vojske SCG, dok se primena, delimično ili potpuno, širi i na slučajeve sukoba ograničenog intenziteta, antiteroristička dejstva i slučajeve elementarnih nepogoda.

Ključne reči: vojni telekomunikacioni sistem, sistemi proširenog spektra, adaptivni prijemnici.

ROLE OF CONTEMPORARY COMMUNICATIONS SYSTEMS IN THE PROCESS OF PLANNING, ORGANISING AND REALISATION OF MILITARY OPERATIONS

Summary:

Fast progress in commercial communications systems development has made possibilities to fulfill communications needs in military organizations, especially during the periods of peace. A reconnaissance system, based on specific military technology such as passive radar systems and acoustic sensors, available in commercial market, represents a possible realisation of a simple and highly efficient system. Necessary communication with a higher command, also as actions that are made based on gathered information, could be supported through use of commercial communications systems employing adaptive modulation processes, direct sequence and frequency hopping spread spectrum communications and code division multiple access. In this way organised systems completely fulfill communication needs of the Army of Serbia and Montenegro during peacetime, but the applicability of such systems depends partially or fully on cases of limited military interventions, antiterrorist actions and nature disasters.

Key words: military communications systems, spread spectrum systems, adaptive receivers.

Uvod

Sa razvojem savremenih telekomunikacija koje karakteriše, pre svega, prenos multimedijalnih korisničkih sadržaja,

značajno su izmenjeni uslovi u kojima se sprovodi organizacija i upravljanje vojnim operacijama. Savremena tehnološka rešenja, posebno u domenu signal-procesorskih platformi, omogućila su da se

deo savremenih komercijalnih informaciono-komunikacionih tehnologija iskoristi u vojne svrhe, posebno u mirnodopskom periodu.

Poslednjih godina dolazi do ireverzibilnog procesa i primene komercijalne tehnologije u okviru vojnih komunikacionih sistema, za razliku od druge polovine XX veka karakterisane stalnim transferom tehnologija iz vojnog u komercijalni segment društva.

Znatno jeftinija komercijalna tehnologija, masovno primenjena u vojnim sistemima po principu masovne nabavke (Components of the Shelf, COTS), omogućava brzo i ekonomično opremanje jedinica telekomunikacionim sistemima čija funkcionalnost u mirnodopskim uslovima u potpunosti može zadovoljiti potrebe vojnih jedinica. Treba posebno naglasiti da savremeni komercijalni telekomunikacioni sistemi, vrlo visokih performansi, pružaju priliku da se ublaži ili zaustavi tehničko nazadovanje oružanih snaga (OS) zemalja u razvoju u odnosu na OS razvijenih zemalja, koje raspolažu znatno većim finansijskim sredstvima.

U ovom radu prikazane su mogućnosti iskorišćenja komercijalnih telekomunikacionih sistema za potrebe Vojske SCG, pre svega u segmentu formiranja savremene i robustne telekomunikacione infrastrukture za potrebe planiranja, organizacije i izvršenja vojnih operacija.

Trendovi realizacije savremenih telekomunikacionih sistema strategijskog i taktičkog nivoa

Strategijski telekomunikacioni centri odlikuju se relativno skromnom mobilnošću i visokim stepenom oružane zaštite u

širokom okruženju. S obzirom na značaj i trajnost informacija koje se prenose posebna pažnja mora se obratiti na tajnost prenosa. Informacije čija su važnost i aktuelnost trajanja više dana ili meseci moraju biti tako prenošene između strategijskih centara da se osigura mala verovatnoća njihovog otkrivanja i eksploatacije, što nije odlika taktičkih komunikacionih sistema u kojima se vrši razmena informacija čija je aktuelnost ograničena na nekoliko časova ili par dana.

Postojeći principi planiranja i organizacije vojnih akcija podržavaju određivanje po kojem se strategijski segment komunikacija oslanja na stacionarne sisteme. Međutim, taktički komunikacioni sistemi ne mogu se osloniti na fiksnu infrastrukturu zbog sledećih razloga, [1]:

- stacionarni komunikacioni sistemi znatno su podložniji neprijateljskim elektronskim i borbenim dejstvima;

- visokomobilne jedinice zahtevaju da i komunikacioni sistemi budu jednako mobilni;

- komunikacioni sistemi moraju ostati funkcionalni čak i ukoliko su neki od komunikacionih centara uništeni ili se neke veze između centara ometaju.

Zahvaljujući razvoju savremenih telekomunikacionih sistema moguće je pronaći jedinstveno rešenje koje može zadovoljiti i ove oprečne principe realizacije komunikacione podrške. Kao jedno od potencijalnih rešenja nameće se komunikacioni sistem u formi dvosegmentne mreže u kojoj se upotrebom stacionarnih (Fixed Wireless Access, FWA) baznih stanica (BS) ostvaruju širokopojsne veze strategijskog nivoa, sa korisnicima na rastojanjima do 50 km, primenom prenosa signala u proširenom spek-

tru sa direktnom sekvencom (Direct Sequence Spread Spectrum, DS SS) ili sa tehnologijom frekvencijskog skakanja (Frequency Hopping Spread Spectrum, FH SS) za taktičke komunikacione veze dometa do 5 km.

Raznolikost organizacije i prirode vojnih jedinica nemeću u određenoj meri i različita tehnološka rešenja prilikom podrške planiranju i organizaciji vojnih operacija. Ako se razmatra upravljanje i organizacija operacija u kojima učestvuju kopnene jedinice ranga do bataljona (ili brigade) neminovno se mora pretpostaviti centralizovani princip komunikacije u kojem mobilni korisnici komuniciraju sa jednim stacionarnim ili slabo mobilnim centrom koji pokriva određenu geografsku zonu. Organizacija mreže sa okastom strukturom u kojoj svaki korisnički terminal vrši složene relejne funkcije nije odgovarajuća za jedinice nižeg ranga, posebno voda, gde se ne može očekivati da pojedinac nosi veliku količinu složene telekomunikacione opreme. Međutim, u slučaju planiranja i organizacije operacija u okviru jedinica Ratne mornarice svakako treba uzeti u obzir prilikom planiranja operacija da je moguće realizovati vrlo žilavu telekomunikacionu infrastrukturu okaste topologije, zasnovanu na principima ad hoc mreža.

Pregled savremenih tehnoloških rešenja u domenu komercijalnih telekomunikacionih sistema

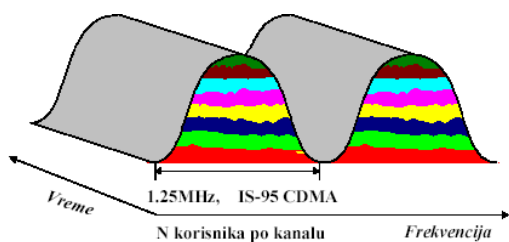
Potrebe savremenih korisnika, kako komercijalnih tako i vojnih, poslednjih godina ne mogu se zadovoljiti skupom osnovnih telekomunikacionih servisa poput prenosa govora i modemskim preno-

som podataka. Potreba korisnika za velikom količinom informacija dovodi do zahteva za novim servisima poput pristupa Internetu, prenosa multimedijalnih signala protocima do 155 Mb/s, uz potreban nivo zaštite tajnosti prenosa. Primera radi, razvoj savremenih procesora za obradu digitalnih signala (Digital Signal Processor, DSP) omogućili su realizaciju jeftinih specifičnih prijemnika ili prijemnika opšte namene koji koriste niz složenih digitalnih modulacionih postupaka.

Projektovanje snažnih i fleksibilnih adaptivnih primopredajnika [2], zasniva se na optimalnom kompromisu između niza suprotstavljenih projektnih zahteva. Neki od ovih zahteva su mala potrošnja, visoka robustnost u odnosu na greške nastale prilikom prenosa signala u radio-kanalu vremenski varijantnih karakteristika, visoka spektralna efikasnost, malo kašnjenje signala kako bi se podržali multimedijalni servisi u realnom vremenu, veliki kapacitet, itd. Ovi zahtevi vode ka konceptu proizvoljnog, otvorenog, programabilnog i fleksibilnog rešenja poznatog kao softverski definisan radio [3].

Tehologija proširenog spektra kod koje je širina opsega učestanosti u kojem se obavlja prenos signala znatno veća od minimalno potrebne za prenos poruke, nudi niz prednosti kao što su, [4]:

- potiskivanje uskopojasne interferencije;
- realizacija kodnog multipleksa (Code Division Multiple Access, CDMA), (slika 1);
- otpornost na višestruku propagaciju;
- mala verovatnoća presretanja signala (Low Probability of Interception, LPI), kada je prenošeni signal u što je moguće većoj meri „nevidljiv“;



Sl. 1 – Primer komercijalnog DS-SS CDMA sistema [4]

- tajnost prenosa;
- visoka spektralna efikasnost;
- precizno merenje rastojanja.

Prednost CDMA u odnosu na konvencionalne tehnike višestrukog pristupa ogleda se, pre svega, u povećanom kapacitetu sistema koji nije ograničen konvencionalnim parametrima poput broja radio kanala u sistemima sa višestrukim pristupom na bazi frekvencijske raspodele (Frequency Division Multiple Access, FDMA) i veličine vremenskog slota u sistemima sa višestrukim pristupom na bazi vremenske raspodele (Time Division Multiple Access, TDMA), već samo nivoom interferencije koji trpe aktivni korisnici u sistemu. Visoka spektralna efikasnost ostvarena je uz faktor frekvencijskog ponavljanja jednak 1, što zapravo znači da se u celom sistemu prenos ostvaruje na samo jednoj radio-učestanosti. CDMA, kao posebnu prednost, ima izuzetnu otpornost na uticaj višestruke propagacije koja predstavlja jedan od osnovnih ograničavajućih procesa prilikom radio-prenosa telekomunikacionih signala. S obzirom na to da su ostale interesantne osobine CDMA tehnologije višestruke forme diversitija, postepen handover, koji osigurava da nema izgubljenih veza, primena vokodera promenljivog protoka, laka prilagodljivost postojećoj telekomunikacionoj infrastrukturi,

pre svega JFTM i JMTM, uz malu snagu predajnika korisničkih terminala i BS, čine DS i FH CDMA vrlo interesantnim tehnologijama za primenu u savremenim vojnim telekomunikacionim sistemima. Otvorena mrežna arhitektura ostavlja mogućnost da se unapređenja razvijena ne samo u okviru vojnog već i u okviru komercijalnog segmenta jednostavno integrišu u postojeće CDMA sisteme.

Ostale tehnologije poput OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) nude slične prednosti poput tehnologije proširenog spektra, uz osetno prisustvo u komercijalnim telekomunikacionim sistemima, posle vrlo pozitivnih iskustava u realnim uslovima rada.

Prednosti savremenih tehnoloških rešenja u procesu planiranja, organizacije i izvođenja vojnih operacija

Primena opisane komercijalne tehnologije u vojnim komunikacionim sistemima može zadovoljiti niz mirnodopskih potreba Vojske SCG u oblasti podrške planiranju, organizaciji i sprovođenju savremenih operacija.

Upotreba adaptivnih primopredajnika, realizovanih na DSP platformama, sa mogućnošću promene modulacionog postupka (QPSK, 64-QAM, TCM 16-QAM) u zavisnosti od nivoa šuma i namernih ili nenamernih smetnji, otežava mogućnost posrednog praćenja pokreta jedinica povezujući ih sa određenim tipom sredstva radio-veze.

Rad u proširenom spektru znatno smanjuje verovatnoću otkrivanja broja aktivnih radio-stanica, što ostavlja mogućnost da se njihov broj zadrži u tajno-

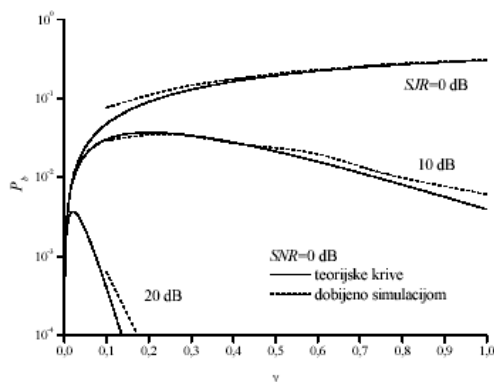
sti. Kombinovanje komercijalnih radio-uređaja, zasnovanih na konvencionalnim tehnologijama, i sistema proširenog spektra sa direktnom sekvencom na strategijskom nivou stvara prividan utisak prestanka rada radiostanica, zbog čega se potencijalni neprijatelj dovodi u zabludu, stvaraju se preduslovi za postizanje maksimalnih efekata planiranih akcija i daje se veća sloboda prilikom upravljanja operacijama.

Broj radio-sredstava na terenu može biti vrlo veliki iz više razloga. S obzirom na to da se radi o komercijalnoj tehnologiji, pojava aktivnih prijemnika baziranih na opisanim tehnologijama izaziva manju pozornost potencijalnih neprijatelja jer povećanje broja aktivnih uređaja može predstavljati i redovan deo aktivnosti lokalnih, komercijalnih korisnika i operatera koji korisnicima pružaju telekomunikacione servise upotrebom iste tehnologije. Primenom komercijalne tehnologije u oblastima u kojima postoji i izvestan broj istih i sličnih komercijalnih tehnologija onemogućava ili značajnije otežava praćenje razmeštaja i grupisanja radio-sredstava. S obzirom na širok rejon dejstava većih vojnih formacija, do nivoa korpusa, i veliki broj komercijalnih korisnika u istoj regiji ostvaruje se efekat maskiranja komunikacija za potrebe Vojske.

Posebno je značajna činjenica da primena komercijalnih telekomunikacionih uređaja garantuje i znatno nižu cenu uređaja usled velike komercijalizacije u odnosu na vojne sisteme iste ili slične namene, ali istovremeno garantuje i jednostavnu obuku poslužilaca s obzirom na to da veći deo njih koristi istu opremu i van vojnih delatnosti. Telefonski servis ostvaren upotrebom FWA DS-CDMA si-

stema [5, 6], predstavlja tipičan primer telekomunikacionog sistema koji se može iskoristiti i za prenos govora u vojnim sistemima u toku mirnodopskog perioda, a sa kojim su komercijalni korisnici, vojnici na odsluženju vojnog roka i stalno zaposlena lica u vojnoj službi, upoznati. Takođe, primenom komercijalne tehnologije i opreme problem interkonekcije sa javnom fiksnom telefonskom mrežom (JFTM) i ostalim javnim telekomunikacionim sistemima ne postoji ili je minimalan. Na ovaj način, ostvareno je efikasno i kvalitetno iskorišćenje komercijalnih resursa u mirnodopskom periodu, kriznim situacijama ili u toku ratnih uslova kao dopunskih kapaciteta u službi ostvarivanja telekomunikacionih veza i elektronske borbe.

Nedostaci komercijalnih telekomunikacionih sistema poznati su od ranije, još od perioda kada su sistemi proširenog spektra uvedeni u vojnu upotrebu sredinom XX veka. Kada su u pitanju DS-CDMA sistemi, problem „blizu-daleko“, povezan sa problemom kontrole snage, nije od značaja u komunikacionim sistemima strategijskog nivoa u kojima korisnici emituju signale u stacionarnom stanju. Upotreba visokousmerenih antena i antenskih nizova samo može smanjiti nivo smetnji i zračenja koje može biti uzrok otkrivanja DS-CDMA sistema i smetnji okolnim sistemima ali i od okolnih sistema. Poznato je da su DS-CDMA sistemi podložni impulsnom ometanju [7], ali da se primenom naprednih tehnika interlivinga i zaštitnog kodiranja može primetno umanjiti efekat impulsnih smetnji, kao i širokopoljnih ometačkih signala [8]. Kada su u pitanju FH-CDMA sistemi tada se kao optimalan efekat



Sl. 2 – BER u funkciji količnika ometanog i zauzetog opsega za NCFSK pri dejstvu PBN ometača, bez šuma sistema [8]

ometanja ističe ometanje dela opsega u kojem se prenosi FH signal [9, 10]. Primera radi na slici 2 prikazana je verovatnoća greške po bitu (P_e) u funkciji količnika ometanog i zauzetog frekvencijskog opsega, γ , prilikom prenosa signala nekoherentnom binarnom digitalnom frekvencijskom modulacijom (Noncoherent Frequency Shift Keying, NCFSK) u odsustvu aditivnog belog Gaussovog šuma (ABGŠ) na ulazu u prijemnik ($SNR=0$), za različite vrednosti odnosa snaga korisnog i ometačkog signala ($SJR=0, 10, 20\text{dB}$). Izbor nekontinualnog opsega za rad i zaštitno kodiranje mogu ograničiti uticaj opisanih postupaka ometanja.

Zaključak

Primena komercijalne telekomunikacione opreme u toku planiranja, sprovođenja i izvođenja operacija u Vojsci SCG otvara mogućnost za smanjenje troškova, posebno u mirnodopskom periodu kada mogućnosti komercijalne opreme u potpunosti zadovoljavaju potrebe. Savreme-

na komercijalna tehnologija omogućava delimičnu ili potpunu zaštitu od niza neprijateljevih izviđačkih operacija u okviru elektronske borbe. Takođe, u slučaju elementarnih nepogoda FWA sistemi i slična komercijalna tehnologija omogućavaju vrlo brzo uspostavljanje komunikacije i rešavanje problema uništene ili nefunkcionalne telekomunikacione infrastrukture na ugroženom području.

Poslednjih godina povećan je broj terorističkih napada. Može se uočiti da terorističke grupe, delujući u urbanim sredinama i u mirnodopskom periodu, koriste komercijalne komunikacione sisteme, pa je neophodno da se odgovarajuće ljudstvo u Vojsci detaljno upozna sa mogućnostima i tehnološkim karakteristikama ovih sistema, kako bi se ostvario maksimalan efekat pri odbrani i preventivnoj zaštiti od eventualnih terorističkih napada. Iskustva posle 11. septembra 2001. i napada na Svetski trgovinski centar pokazuju da se komercijalni sistemi poput FWA DS-CDMA sistema mogu efikasno iskoristiti da se brzo zameni uništena telekomunikaciona infrastruktura.

Kombinovani sa pasivnim izviđačkim sistemima, komercijalni telekomunikacioni sistemi mogu poslužiti za realizaciju efikasnog sistema u okviru sistema za EI i PED.

Vojsci SCG otvara se mogućnost da nabavkom komercijalnih uređaja i programabilnih signal-procesorskih platformi realizuje optimalno prilagođen telekomunikacioni i izviđački sistem, uz relativno male troškove, čime bi se znatno unapredili postupci planiranja, organizacije i izvođenja savremenih vojnih operacija u mirnodopskom i ratnom periodu.

Literatura:

- [1] Shi, V. T. S. Evaluating the performability of tactical communications networks, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 53, January 2004 (str. 253–260).
- [2] -----, FEATURE TOPIC: SOFTWARE RADIOS, IEEE Communications Magazine, Vol. 33, May 1995 (str. 24–68).
- [3] Hanzo, L.; Wong C. H.; Yee, M. S.: Adaptive wireless transceivers – turbo-coded, turbo-equalized and space-time coded TDMA, CDMA and OFDM systems, John Wiley & Sons, 2002.
- [4] Dukić, M. L.: Moderne telekomunikacije: odabrana poglavlja, Akademska misao, 2003.
- [5] D. S. Vujić, M. L. Dukić, Analiza spoljne interferencije u DS-CDMA WLL sistemu, TELFOR'2000, Beograd, novembar 2000 (str. 219–222).
- [6] Vujić, D. S.; Dukić, M. L.: Analiza interferencije u SS DS-CDMA WLL sistemu, Telekomunikacije, septembar 2002 (str. 12–20).
- [7] Ponoš, Z. M.; Dukić, M. L.: Analysis of GPS receiver anti-jamming characteristics, IEICE Transactions on Communications, Vol. E83-B, No.10, October 2000 (str. 2411–2418).
- [8] Vujić, D. S.: Opis nekih tehnika za potiskivanje širokopoja-sne smetnje u SS DS-CDMA sistemima, TELFOR'2000, Beograd, novembar 2000 (str. 485–488).
- [9] Čertić, J. D.; Vujić, D. S.: Analiza ometanja FH signala šumnim signalom u delu opsega signala sa frekvencijskim skakanjem, Telekomunikacije, septembar 2002 (str. 26–30).
- [10] Vujić, D. S.; Čertić, J. D.: Komparativna analiza mogućih postupaka ometanja FH signala, TELFOR'2001, Beograd, novembar 2001 (str. 238–241).